

A review of two decades of flood and drought hazards in Kerman Province

Elaheh Foroudi Sefat¹, Soudabeh Golestani Kermani², Marzieh Samare Hashemi³ and Mohammad Zounemat-Kermani^{4*}

¹ Phd Student of Hydraulic Structures, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

^{2 and 3} Assistant Professor, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

⁴ Professor, Department of Water Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Received: 19 August 2024

Accepted: 27 November 2024

Extended abstract

Introduction

Nowadays, the effects of climate change are visible across the globe, with frequent flooding and droughts being among the most significant. These two phenomena have many harmful effects, including economic, social, and environmental issues. Despite the flood phenomenon that occurs instantly and intensely, the drought phenomenon gradually affects the regions. Flood and drought phenomena in arid and semi-arid regions, including Kerman Province, have caused many destructive damage. Therefore, this study collects information on floods and droughts over the past two decades in Kerman Province to utilize the results for managing these events.

Materials and methods

In the present review research, articles and reports related to flood and drought phenomena in Kerman Province (located in Iran) have been collected and studied, and in this regard, 49 practical articles in Persian (2004–2024) and nine articles in English (2012–2023) were analyzed. In a general classification, Kerman Province was divided into four regions based on the average latitude and longitude; respectively, the northwest and southeast regions accounted for 35% and 34% of citations and accounted for the largest amount of studies, and 73% of the sources of this research are related to studies of drought in the province, which shows the age of this phenomenon. In this study, 27% of the studies used questionnaires, and the most widely used statistical and analytical software used were SPSS statistical software with a share of 26% and GIS-based software with a share of 24%, respectively.

Results and discussion

Flood and drought phenomena in Kerman Province have been increasing in intensity and frequency in recent years compared to the past, and their impact on society cannot be denied. The reduction of atmospheric precipitation and the onset of drought phenomena in Kerman province began in 1998 and is always seen with a fluctuating trend (moderate to severe drought) in all parts of the province. For example, statistics recorded in the Tanguieh Dam in Sirjan show that the average rainfall in this region has decreased from 185 mm in 1986-1997 to 158 mm in the period 2001-2002. Also, the average inflow to the basin between 2005-2001 was about 63 million cubic meters per year, which decreased by 86% to 8 million cubic meters in the period 2001-2002, which is due to the occurrence of drought and the lack of proper exploitation of the dam's upstream structures. Also, statistics recorded from the Jiroft Dam show that the average rainfall in this region between 1991-2001 was 194 mm, and since 2001-2002 it has decreased by 23% to 150 mm. The average inflow into the basin between 1991-2002 was about 680 million cubic meters per year, which decreased by 80% to 130 million cubic meters during 2001-2002. Regarding the floods that occurred, based on the statistics recorded at the hydrometric stations of Kerman province, 2294 flood days were recorded during the water years 2002-2019, with the average of the highest measured discharge volume related to the flood on 11/30/2016 being 33.833 (m³/day) and the peak discharge (m³/h) being 1202 at the Yalakhari station of the Nisa River in Bam. Considering the increasing trend of the occurrence of the aforementioned phenomena in the province, this research reviewed the studies conducted to examine

* Corresponding author: Zounemat@uk.ac.ir

the factors affecting the occurrence, consequences and damages caused by them, and management strategies to reduce flood and drought risks.

Conclusions

The summary of the results shows that the greatest threat to Kerman Province is the phenomenon of drought, from which the entire province suffers. According to the results, the slope of the Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI), during the statistical period 1980-1995 was +0.046, indicating a decrease in drought in the province, and in the statistical periods 1997-2000 and 2001-2011, it was -0.031 and -0.01, respectively, indicating an increase in the severity of drought in recent years. The occurrence of floods is also increasing, and this phenomenon has caused the most damage in the northwest-southeast belt of the province and in the highlands. These two phenomena leave very destructive effects in various fields, with the greatest damage being on social issues, followed by economic and environmental issues. It should also be noted that floods and droughts are not two separate phenomena and must be examined and evaluated together in order to provide the most appropriate solutions to overcome them. Therefore, given the thought-provoking results of this research, it is necessary to provide detailed planning with a long-term perspective in the field of water resources management and to pay attention to fundamental changes and developments in water-related laws.

Keywords: Climate change, Groundwater, Hydrology, Water resources engineering, Water stress

Cite this article: Foroudi Sefat, E., Golestani Kermani, S., Samare Hashemi, M., Zounemat-Kermani, M., 2025. A review of two decades of flood and drought hazards in Kerman Province. *Water. Eng. Manag.* 17(2), 235-255.

© 2025, The Author(s). Published by Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)



مروری بر دو دهه مخاطرات سیل و خشکسالی در استان کرمان

الهه فرودی صفات^۱، سودابه گلستانی کرمانی^۲، مرضیه ثمره هاشمی^۳ و محمد ذونعمت کرمانی^{۴*}

^۱ دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، بخش مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

^۲ استادیار، بخش مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

^۴ استاد، بخش مهندسی آب، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۹

چکیده مبسوط

مقدمه

امروزه اثرات ناشی از پدیده تغییر اقلیم در تمامی نقاط کره زمین به چشم می‌خورد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به وقوع سیل و خشکسالی‌های مکرر اشاره کرد. این دو پدیده آثار زیان‌بار فراوانی از جمله مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی به همراه دارند. علی‌رغم پدیده سیلاب که در لحظه و با شدت به وقوع می‌پیوندد، پدیده خشکسالی به مرور و تدریجی مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پدیده‌های سیل و خشکسالی در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله استان کرمان آثار مخرب بسیاری را به وجود آورده‌اند. لذا، در این پژوهش در قالب یک مطالعه مروری به جمع‌آوری اطلاعات در خصوص سیل و خشکسالی‌های دو دهه اخیر در استان کرمان پرداخته شده است تا از نتایج آنها جهت گذر از این رخدادهای بهره گرفته شود.

مواد و روش‌ها

در پژوهش مروری حاضر، به جمع‌آوری و مطالعه مقالات و گزارش‌های مرتبط با پدیده‌های سیل و خشکسالی در استان کرمان پرداخته شده است که در این خصوص از ۴۹ مقاله فارسی کاربردی موجود (۱۴۰۲-۱۳۸۳ هجری خورشیدی) و نه مقاله انگلیسی (۲۰۲۳-۲۰۱۲ میلادی) بهره برده شد. در یک تقسیم‌بندی کلی، استان کرمان براساس میانگین طول و عرض جغرافیایی به چهار منطقه تقسیم شد که به ترتیب منطقه شمال غرب و جنوب شرق با اختصاص ۳۵ درصد و ۳۴ درصد از استنادات، بیشترین میزان مطالعات را به خود اختصاص دادند و ۷۳ درصد از منابع این پژوهش مربوط به مطالعات خشکسالی در استان است، که نشان‌دهنده قدمت حضور این پدیده در سطح استان است. در این پژوهش، ۲۷ درصد از مطالعات مورد بررسی از پرسشنامه استفاده نمودند و پرکاربردترین نرم‌افزارهای آماری و تحلیلی مورد استفاده به ترتیب نرم‌افزار آماری SPSS با سهم ۲۶ درصد و نرم‌افزار مبتنی بر GIS با سهم ۲۴ درصد بوده‌اند.

نتایج و بحث

پدیده‌های سیلاب و خشکسالی در استان کرمان در سال‌های اخیر نسبت به گذشته به لحاظ شدت و تعدد رو به فزونی هستند و نمی‌توان تأثیر آنها بر جامعه را انکار کرد. کاهش ریزش‌های جوی و شروع پدیده خشکسالی در استان کرمان از سال ۱۳۷۷ آغاز شده و همواره با یک روند نوسانی (خشکسالی متوسط تا شدید) در همه نقاط استان دیده می‌شود. به‌عنوان نمونه آمار ثبت شده در سد تنگ‌کویه سیرجان نشان می‌دهد که متوسط بارندگی این منطقه از ۱۸۵ میلی‌متر در

* مسئول مکاتبات: Zounemat@uk.ac.ir

سال‌های ۸۰-۱۳۶۵ به ۱۵۸ میلی‌متر در بازه زمانی ۹۵-۱۳۸۰ کاهش یافته است. همچنین، متوسط ورودی به حوضه بین سال‌های ۸۰-۱۳۶۴ حدود ۶۳ میلیون مترمکعب در سال بوده است که در بازه زمانی ۹۵-۱۳۸۰ با کاهش ۸۶ درصد به هشت میلیون مترمکعب رسیده است که ناشی از بروز خشکسالی و همچنین، عدم بهره‌برداری اصولی از سازه‌های بالادست سد است. همچنین، آمار ثبت شده از سد جیرفت نیز نشان می‌دهد که متوسط بارندگی در این منطقه بین سال‌های ۸۰-۱۳۷۰، ۱۹۴ میلی‌متر بوده و از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۵ با کاهش ۲۳ درصد به ۱۵۰ میلی‌متر رسیده است. متوسط میزان جریان ورودی به حوضه نیز بین سال‌های ۸۰-۱۳۷۰، حدود ۶۸۰ میلیون مترمکعب در سال بوده است که طی سال‌های ۹۵-۱۳۸۰ با کاهشی معادل ۸۰ درصد به ۱۳۰ میلیون مترمکعب رسیده است. در خصوص سیلاب‌های رخ داده شده نیز بر اساس آمار ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری استان کرمان تعداد ۲۲۹۴ روز سیلابی طی سال‌های آبی ۹۸-۱۳۸۱ ثبت شده که میانگین بیشترین حجم دبی اندازه‌گیری شده مربوط به سیلاب روز ۱۳۹۵/۱۱/۳۰ به مقدار ۸۳۳/۳۳ مترمکعب در روز و دبی اوج ۱۲۰۲ مترمکعب در ساعت در ایستگاه یالخری رودخانه نساء بم است. با توجه به روند افزایشی وقوع پدیده‌های مذکور در سطح استان، در این پژوهش، با مرور مطالعات انجام شده، به بررسی عوامل مؤثر در وقوع، پیامدها و آسیب‌های ناشی از آنها و راهکارهای مدیریتی جهت کاهش مخاطرات سیل و خشکسالی پرداخته شد.

نتیجه‌گیری

جمع‌بندی نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد، بیشترین تهدید استان کرمان در خصوص پدیده خشکسالی است که تمام استان از آثار آن رنج می‌برد. طبق نتایج حاصل، شیب خط روند شاخص خشکسالی بارش-تبخیر تعرق استاندارد شده طی دوره آماری ۷۵-۱۳۶۹ برابر ۰/۰۴۶+ بوده که حاکی از کاهش خشکسالی در استان و در دوره‌های آماری ۸۹-۱۳۷۶ و ۹۷-۱۳۹۰ به‌ترتیب برابر با ۰/۰۳۱- و ۰/۰۱- بوده که بیانگر افزایش شدت خشکسالی در سال‌های اخیر است. همچنین، وقوع پدیده سیلاب نیز رو به فزونی است و این پدیده بیشترین خسارات را در کمربند شمال غرب-جنوب شرق استان و در مناطق مرتفع به جا گذاشته است. این دو پدیده آثار بسیار مخربی در زمینه‌های مختلف از خود برجای می‌گذارند که بیشترین آسیب‌ها بر مسائل اجتماعی است و پس از آن، مسائل اقتصادی و زیست محیطی ظاهر می‌شوند. همچنین، باید خاطر نشان کرد که سیلاب و خشکسالی دو پدیده جدا از هم نیستند و باید با یکدیگر مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرند تا بتوان مناسب‌ترین راهکارها را برای گذر از آنها ارائه داد. لذا، با توجه به نتایج تأمل برانگیز حاصل از این پژوهش، ارائه یک برنامه‌ریزی دقیق با چشم‌انداز بلندمدت در زمینه مدیریت منابع آب و توجه به تغییر و تحولات بنیادی در قوانین مربوط به آب ضروری است.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، تغییر اقلیم، تنش آبی، مهندسی منابع آب، هیدرولوژی

مقدمه

ایجاد اختلال در چرخه زندگی و طبیعت می‌شود (Mazidi et al., 2023). لذا ضروری است تا این پدیده به‌دلیل فراوانی وقوع و اثرات کوتاه مدت و بلند مدت اقتصادی-اجتماعی و محیط زیستی در تصمیم‌گیری‌های کلان مدیریتی مدنظر قرار گیرد (Heydarvand et al., 2024; Bagheri and Mohammadi, 2012).

اثرات این پدیده از منظر اینکه به تدریج رخ می‌دهد، در کوتاه مدت نامحسوس بوده و اغلب مورد توجه قرار نمی‌گیرد و به‌دلیل عدم امکان تعیین دقیق زمان آغاز و

پدیده تغییر اقلیم به قدری حائز اهمیت و زیان‌بار است که در بین عوامل تهدیدآمیز بشر در قرن ۲۱، در رتبه نخست قرار گرفته است و ازجمله نتایج منفی آن می‌توان به وقوع پدیده‌های حدی مانند سیل و خشکسالی اشاره کرد (Boraeinezhad et al., 2020; Ebrahimi-Khusfi et al., 2022; Barkhori et al., 2024). خشکسالی، کاهش شدید میزان بارندگی در درازمدت است که در پی آن رطوبت خاک و میزان آب‌های سطحی و زیرسطحی کاهش می‌یابد و باعث

علاوه بر خشکسالی، سیل نیز از نتایج پدیده تغییر اقلیم در هر منطقه محسوب می‌شود. عوامل بروز سیل را می‌توان به دو گروه عوامل طبیعی (ازجمله بارندگی مداوم و شدید، انرژی جنبشی ناشی از شدت بارندگی، جنس خاک و سطح نفوذپذیری، عوامل زمین شناسی، پوشش گیاهی و غیره) و عوامل انسانی (ازجمله افزایش جمعیت، از بین بردن جنگل‌ها و پوشش گیاهی، تغییر کاربری زمین، شهرنشینی و توسعه شهری در دشت‌های سیلابی، عدم تعادل بین ظرفیت دام و مرتع، تصرف نهرها و غیره) تقسیم کرد.

به‌طور کلی مهم‌ترین اثرات مخرب سیل عبارتند از صدمات محیط زیستی (شستشو و تخریب خاک، فرسایش زمین و ناهمواری آن، تخریب زمین به‌دلیل تجمع رسوبات بزرگ، تخریب قنات، تلفات دام و حیات وحش) و صدمات اقتصادی-اجتماعی (تهدید جانی، تخریب جاده‌ها و زمین‌های کشاورزی، پل‌ها و خانه‌ها، نبود فرصت کافی برای بهره‌وری آب) و در کنار این نتایج، روش‌های اصلی کنترل سیل شامل احیای جنگل‌ها، احداث فاضلاب سیل، سدها، مخازن و کانال‌های سیل است (Javadinejad, 2022; Rahmani and Fattahi, 2024). اما در کنار همه اثرات منفی سیلاب، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارندگی کم است و استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به اوج خود رسیده است، می‌توان از سیلاب و کنترل و مدیریت آن در راستای گذر از بحران کم‌آبی بهره برد (Akbari Jor et al., 2020).

در مجموع برای کاهش آثار سیل و خشکسالی در هر منطقه، لازم است که نگاه جامع و یکپارچه‌ای به منابع آبی آن منطقه شود (Kazemi et al., 2020; Ahmadyoosefi et al., 2021). در واقع توان محیطی، مؤلفه مهمی در آمایش منابع و مدیریت جامع حوزه آبخیز است که ازجمله آثار منفی عدم توجه به آن می‌توان به پدیده‌هایی مانند فرونشست زمین، طوفان‌های گرد و غبار و فشار آوردن به منابع آبی اشاره کرد. هرچند که علیرغم حیاتی بودن این مسأله در تصمیم‌گیری‌ها، در "سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین" پژوهشی بر آمایش منابع آب سطحی صورت نگرفته است.

پایان و همچنین وسعت جغرافیایی تحت تأثیر، با دیگر پدیده‌های طبیعی متفاوت است. عواملی که نقش اساسی در خصوص وقوع و تداوم خشکسالی دارند عبارتند از بارش، دما، تبخیر، باد و رطوبت نسبی که کاهش بارش مهم‌ترین عامل در این زمینه است (Khayyat Hosseini and Moghimi et al., 2020; Salarpour, 2022; Amiranipur et al., 2021; Delavar et al., 2024).

خشکسالی، پدیده‌ای است که در تمامی دوران‌ها به وقوع پیوسته و حتی نمونه‌ای از کمبود بارش و خشکسالی در کتیبه‌های عهد هخامنشیان در ایران باستان نیز دیده می‌شود (Parvazi, 2019). ولی اثرات آن امروزه به‌دلیل رشد جمعیت و افزایش میزان مصرف آب چشمگیرتر شده و از این رو، بررسی پدیده خشکسالی در راستای مقابله با آن و همچنین برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب در سال‌های آتی بسیار حائز اهمیت است (Boraeinezhad et al., 2020).

کشور ایران از سال ۱۹۹۸ وارد دوره خشکسالی شده که در نه قرن گذشته بی‌سابقه بوده است (Delfiyan et al., 2021) و رویکرد اصلی جهت مواجهه با خشکسالی، مدیریت بحران بوده که شامل فعالیت‌های پرهزینه‌ای ازجمله تشخیص نواحی بحران زده و امداد رسانی به آنها است. هرچند با پیشرفت علم می‌توان از طریق پیش‌بینی دوره‌های خشک و اعمال مدیریت مناسب تا حدی از آسیب‌های ناشی از خشکسالی جلوگیری کرد، اما توجه به این مطلب ضروری است که برنامه‌ریزی مناسب برای آینده مستلزم شناخت آثار خشکسالی در یک منطقه و همچنین بررسی این آثار بر کیفیت منابع آن منطقه نیز است (Khayyat Hosseini, Shahrokhi Sardoo et al., and Salarpour, 2022; Buzhani et al. 2024, 2019).

امروزه الگوهای جدیدی جهت مقابله با خشکسالی مطرح شده است، به صورتی که از رویکرد بالا به پایین و دولت محور به رویکرد مشارکتی و اجتماع محور روی آورده شده است. در این الگو هر منطقه با توجه به ویژگی‌های خاص خود مورد بررسی قرار می‌گیرد و از صرف هزینه‌های کلان دولت که گاهاً نتایج کارآمدی نیز به دنبال ندارد، پیشگیری می‌شود (Savari and Eskandari Damaneh, 2019).

پدیده‌های سیلاب و خشکسالی در استان کرمان در سال‌های اخیر نسبت به گذشته به لحاظ شدت و تعدد رو به فزونی هستند و لذا نمی‌توان تأثیر آنها بر جوامع را انکار کرد.

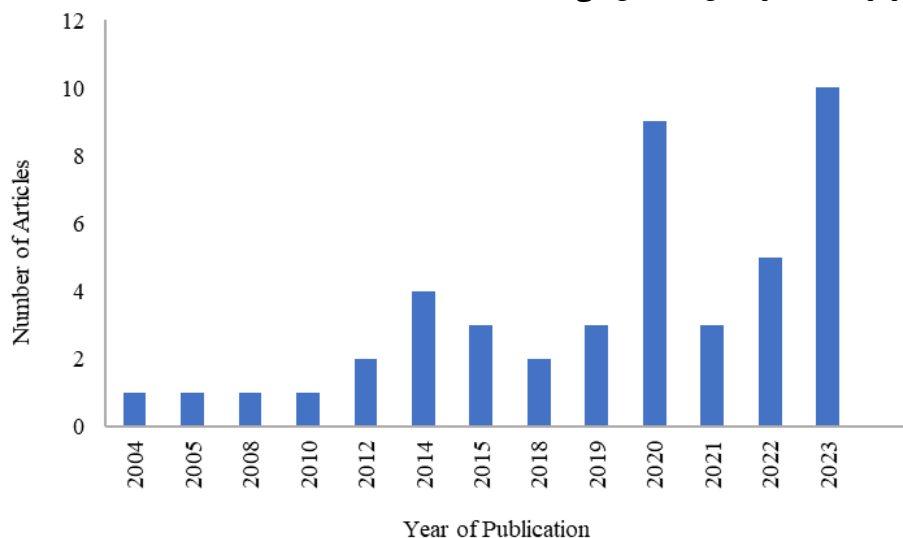
در شکل ۲، تقسیم‌بندی مناطق مطالعه شده در استان کرمان جهت تعیین میزان تمرکز مطالعات و استنادات بر اساس میانگین طول و عرض جغرافیایی ارائه شده است که در این روش، استان به چهار منطقه تقسیم شد که مشخصات آن در جدول ۱، ارائه شده است.

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در رتبه اول، منطقه شمال غرب (با اختصاص ۳۵ درصد استنادات) و در رتبه دوم، منطقه جنوب شرق (با اختصاص ۳۴ درصد استنادات) و در مرتبه سوم منطقه شمال شرق (با اختصاص ۲۴ درصد استنادات) بیشترین میزان مطالعات را به خود اختصاص داده‌اند، غالب مطالعات درخصوص پدیده خشکسالی با احتساب ۷۳ درصد و باقی مطالعات در حوزه سیلاب بودند.

از آنجا که تاکنون مطالعه جامعی در خصوص پدیده‌های سیل و خشکسالی رخ داده شده در استان کرمان صورت نگرفته است، سعی شده تا در پژوهش مروری حاضر به بررسی و گردآوری نتایج حاصل از دو دهه تحقیقات انجام شده در این زمینه پرداخته شود تا نتایج حاصل از آن راهگشای تصمیم‌گیری‌های آتی باشد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر از تعداد ۱۰۰ مقاله منتشر شده در خصوص پدیده سیلاب و خشکسالی در استان کرمان، از ۵۸ مقاله جهت جمع‌آوری اطلاعات استفاده شد و دیگر مقالات به‌دلیل ورود به بخش‌های نرم‌افزاری و شبیه‌سازی منطقه در آینده، از دایره مطالعاتی خارج شدند. مقالات فارسی از سال ۱۳۸۳ تا ۱۴۰۲ (۸۴ درصد مقالات) و مقالات لاتین از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۳ (۱۶ درصد مقالات) مورد بررسی قرار گرفتند. درخصوص این یافته‌ها، فراوانی مقالات در زمینه‌های مختلف تعیین و مبنای تحلیل‌های این پژوهش قرار گرفت. نمودار ارائه شده در شکل ۱، نشان می‌دهد که

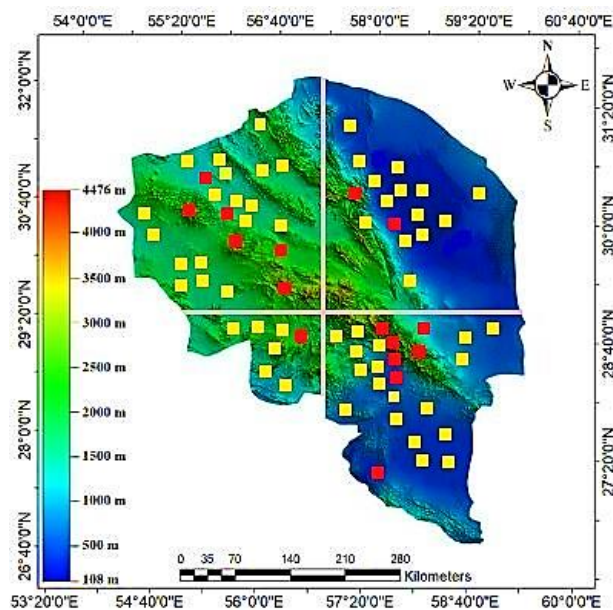


شکل ۱- دوره آماری پژوهش‌های سیلاب و خشکسالی در استان کرمان (مرجع جستجو: مجلات پژوهشی داخلی، مقالات ISI و مقالات همایشی)

Fig. 1. Statistical period of flood and drought researches in Kerman Province (Search reference: internal research journals, ISI articles and conference articles)

مطالعات انجام شده صورت گرفته است و پس از آن به تحلیل نتایج پرداخته شده و در انتها پیشنهادات و نتیجه‌گیری کلی ارائه شده است.

در این پژوهش براساس گراف رسم شده در شکل ۳، به بررسی مطالعات سیلاب و خشکسالی در استان کرمان پرداخته شده است که در ابتدا مروری بر



شکل ۲- مناطق مورد مطالعه استان کرمان (در نقشه ارتفاعی استان کرمان نقاط زرد رنگ مربوط به مطالعات خشکسالی و نقاط قرمز رنگ مربوط به مطالعات سیلاب در استان است).

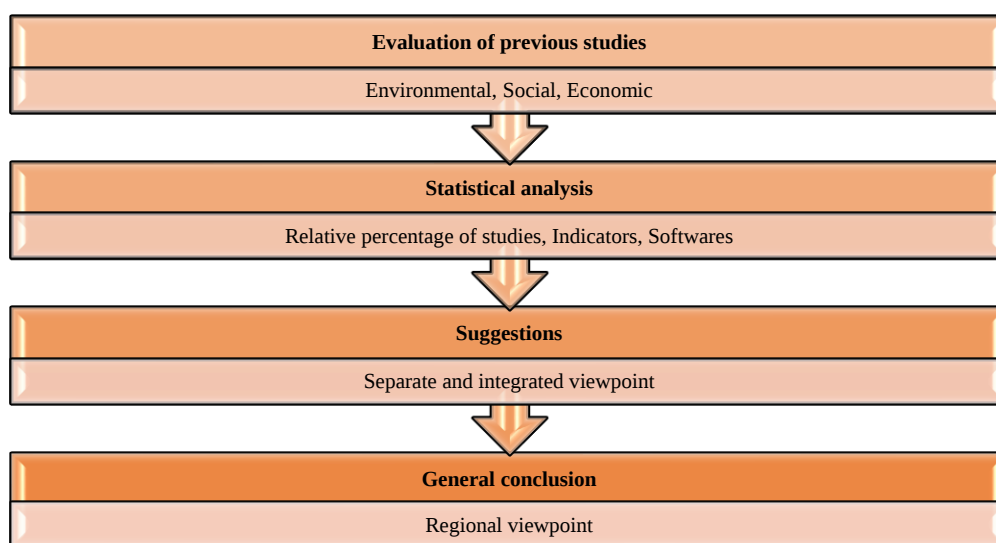
Fig. 2. Study areas of Kerman Province

(On the DEM map, the yellow points are related to drought studies and the red points are related to flood studies in the province)

جدول ۱- دسته‌بندی مناطق مطالعاتی در استان کرمان

Table 1. Classification of study areas in Kerman Province

Geographical location	Average of Longitude	Average of Latitude	Cities
Northeast	57° 31'	30° 58'	Kerman, Ravar
Northwest	54° 31'	30° 58'	Zarand, Rafsanjan, Anar, Shahrehabak, Bardsir, Sirjan
Southeast	57° 31'	27° 58'	Bam, Narmashir, Jiroft, Anbar abad, Kahnouj, Roudbar, Manoujan, Ghale ganj
Southwest	54° 31'	27° 58'	Baft, Orzouye



شکل ۳- روندکار بررسی مطالعات سیلاب و خشکسالی در استان کرمان

Fig. 3. The process diagram of reviewing flood and drought events in Kerman Province

نتایج و بحث

در این قسمت موضوعات سیلاب و خشکسالی به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند و تمامی مطالب از مقالات مربوط به استان کرمان استخراج شده است.

سیلاب، عوامل مؤثر بر وقوع آن و راهکارها: در جدول ۲، دوره آماری و توزیع مکانی مطالعاتی که

درخصوص پدیده سیلاب در استان کرمان، به طور خلاصه ارائه شده است. تحلیل نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد این استان از گذشته با پدیده سیلاب مواجه بوده و همان‌طور که در شکل ۲، مشخص است عمده سیلاب‌های استان در امتداد شمال غرب-جنوب شرق و مناطق مرتفع بوده‌اند.

جدول ۲- دوره آماری و توزیع مکانی مطالعات مربوط به سیلاب استان کرمان

Table 2. Statistical period and spatial distribution of studies related to floods in Kerman Province

Year of publication	Authors	Spatial distribution	Longitude (East)	Latitude (North)	Statistical period
2004	Sarreshtehdari	Ab Barik Bam station	58° 33′	28° 29′	1995-2002
2005	Mijani et al.	Kerman province	-*	-*	1956-2004
2008	Mehdi Pour et al.	Lalezar earthen dam	56° 51′ 14″	29° 32′ 18″	-*
2012	Sarhadi et al.	Halil River basin	-*	-*	-*
2014	Boudaghpour et al.	Halil River basin	-*	-*	-*
2014	Ghavidel Rahimi et al.	Jiroft city	57° 44′ 13″	28° 40′ 13″	2010
2015	Soleimani Sardo	Jiroft dam basin	57° 45′	28° 59′	-*
2020	Akbari jor et al.	Meymand village	55° 21′ 19″	30° 8′ 16″	2003-2018
2020	Kazemi et al.	Kerman province	56° 33′	28° 30′	1976-2011
2020	Omidvar et al.	Kerman province	56° 33′	28° 30′	1990-2010
2020	Seddighi & Seddighi	Kerman province	-*	-*	-*
2021	Hassanzadeh et al.	Bardsir city	56° 34′	29° 55′	2017
2022	Kazemi	Kerman province	55° 27′	28° 26′	1976-2011
2022	Soltaninezhad et al.	Manoujan city	-*	-*	2006
2023	Abaspoor et al.	Sarcheshme copper complex	55° 52′	29° 59′	2022
2023	Mohammadi et al.	Rafsanjan plain	55° 41′	30° 40′	2023

* In these studies, geographic coordinates or time period have not been recorded or reported

عوامل مؤثر در وقوع سیلاب: وقوع سیلاب یکی از نتایج بارندگی شدید است که وجود برخی از عوامل می‌تواند باعث افزایش شدت و اثرات مخرب آن شود. از جمله عوامل انسانی که موجب افزایش سیل و شدت آن شده است، می‌توان به بدنه ضعیف بندهای بالادست و شکستن آنها، آمادگی نداشتن بستر رودخانه برای عبور حجم عظیمی از آب و عدم لایروبی رودخانه‌ها و اطلاع رسانی به موقع به مردم اشاره کرد که این عوامل موجب وقوع سیل در بهمن ماه سال ۱۳۹۵ در

شهرستان بردسیر و خسارات زیاد آن شد (Hassanzadeh et al., 2021).

همچنین توسعه شهرنشینی موجب از بین رفتن پوشش گیاهی، تغییر کاربری اراضی و ایجاد سطوح نفوذ ناپذیر شده است و در پی آن کاهش نفوذ و زمان تمرکز آب و شیب زیاد منجر به تشدید سیلاب در استان شده است (Abaspoor et al., 2023; Delavar et al., 2024).

تجاوز به حریم و ساخت و سازهای بدون مجوز و تأیید

قنات، ۳۱۹ حلقه چاه، ۵۰۱۵ هکتار باغ و ۸۷۴۰۰ هکتار اراضی زراعی و ۳۸۲۲۷ باب واحد مسکونی و آموزشی و غیره را نام برد که خسارت‌های ناشی از این سیلاب‌ها بر اساس گزارشات (Mijani et al., 2005) بالغ بر ۴۷۱ میلیارد تومان بوده است.

همچنین آسیب به زیر ساخت‌هایی مانند خطوط انتقال آب، گاز، برق و تلفن و نیروگاه‌ها از جمله آسیب‌هایی هستند که از نظر اقتصادی هزینه‌های بالایی را به جامعه تحمیل می‌کنند و برای نمونه می‌توان از محدوده صنعتی واقع شده در مسیر رود ترشاب که در محدوده حوزه آبرگیر مس سرچشمه در شهرستان رفسنجان قرار دارد نام برد که در اثر وقوع سیلاب، خسارات اقتصادی زیادی به این منطقه وارد خواهد شد (Abaspoor et al., 2023).

همچنین از آسیب‌هایی که سیلاب به محیط زیست وارد می‌کند می‌توان به مواردی مانند به خطر افتادن زندگی برخی حیوانات (در این خصوص می‌توان از پستانداران بومی مناطق روباه، شغال، کفتار، گربه وحشی و کاراکال نام برد. همچنین جمعیت گرگ، روباه و شغال پس از وقوع سیل در سال ۹۲ در حوزه آبخیز هلیل‌رود به ترتیب ۳۰، ۲۵ و ۳۵ درصد کاهش یافت) و غرق شدن زیستگاه آنها، کاهش گونه‌های گیاهی و درختان، تغییر کیفیت آب و تشکیل آب راکد و فعالیت ویروس‌هایی مانند شیستوزومايز اشاره کرد که این موارد در صورت وقوع سیلاب به‌ویژه در مناطقی مانند منطقه سد جیرفت رخ خواهد داد (Boudaghpoor et al., 2014).

مدیریت سیلاب جهت کاهش مخاطرات آن:
جلوگیری از وقوع سیلاب، موضوعی قطعی و صد در صد ممکن نیست. اما می‌توان با استفاده از راهکارهایی اعم از جلوگیری از تغییر کاربری اراضی، دور بودن ساخت و سازها از رودخانه‌ها و مناطق سیل‌خیز و همچنین ارائه مجوز ساخت و ساز بر مبنای نظر کارشناسی، احداث بندهای خاکی، سنگی و گابیونی و کانال‌های زهکشی که منجر به کاهش دبی پیک سیلاب و افزایش نفوذ عمقی آن می‌شود و همچنین تقویت پوشش گیاهی، اثرات آن را کنترل و به حداقل رساند (Mohammadi et al., 2023; Abaspoor et al., 2023; Mehdi Pour et al., 2022; Soltaninezhad et al., 2022).

کارشناسی در محدوده رودخانه‌های استان نیز در سال‌های اخیر افزایش یافته که منجر به تشدید اثرات زیان‌بار سیل شده است (Mijani et al., 2005).

ازجمله عوامل جوی و مؤثر در وقوع بارش‌های سنگین استان کرمان که منجر به بروز سیلاب شده‌اند، می‌توان به عمیق شدن ناوه ایجاد شده در شرق مدیترانه و حرکات واچرخندی شدید روی آب‌های جنوبی کشور اشاره کرد (Omidvar et al., 2020). همچنین شرایطی مانند وجود مرکز کم فشار چند هسته‌ای، رودبادها، هسته منفی پیچانه، بالاسو بودن هوا و ضخامت زیاد جو موجب وقوع باران‌های سنگین و سیل‌آسا در مناطقی مانند شهرستان جیرفت (بهمن ماه سال ۱۳۸۹) شده است (Ghavidel Rahimi et al., 2014).

همچنین، عوامل مرتبط با سایر مؤلفه‌های بارش از جمله شدت، مدت، فراوانی، مساحت پهنه‌های سیلابی و ویژگی‌های زمین شناسی زیرسطحی، جهت لایه‌های زمین شناسی، گسل‌ها و تراکم درزه‌ها و زمین شناسی کارست از نظر همراستا بودن با شیب زمین و پوشش گیاهی و جهت بارش و همچنین نوع ساختار سازندها (Abedini and Fathi; Gharakhani et al., 2022) را نیز (Jokadan, 2016; Yamani and Enayati, 2006) باید به‌عنوان عوامل مؤثر بر وقوع سیل در نظر گرفت (Kazemi, 2022). در این راستا می‌توان بیان نمود که رابطه حداکثر بارش محتمل با طول جغرافیایی و ارتفاع نیز منجر به شدت گرفتن سیلاب در نواحی مرتفع مانند حوضه سد جیرفت شده است (Soleimani Sardo, 2015).

پیامد و آسیب‌های ناشی از سیلاب: سیلاب جزء پدیده‌هایی است که بسیار سریع به وقوع می‌پیوندد و خسارت‌های سنگینی برجای می‌گذارد که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل که در مطالعات استان کرمان بیان شده‌اند، اشاره نمود. از مهم‌ترین خسارت‌های جبران ناپذیر سیل می‌توان به تهدید جانی اشاره کرد که در همین راستا در بازه زمانی سال‌های (۱۳۸۳-۱۳۳۵) در استان کرمان ۵۷۲ مورد سیل گزارش شده که در این دوره تلفات جانی انسان‌ها ۵۶۷ نفر و تلفات دامی بیش از ۲۵۳ هزار راس بوده است. از دیگر خسارت‌های وارده پس از وقوع سیلاب در دوره زمانی فوق در استان کرمان می‌توان تخریب مراتع، آسیب به ۴۷۵۳ رشته

2008). در این راستا بررسی‌های انجام شده در حوزه‌های آبخیز نشان می‌دهد که از مجموع مساحت کشور، ۸۷ میلیون هکتار را مناطق کوهستانی و ۷۸ میلیون هکتار را دشت‌ها و مناطق کم‌شیب تشکیل می‌دهند.

تمرکز رواناب‌ها در حوضه‌های کوهستانی و پرشیب و سپس انتقال آنها به مناطق دشتی، لزوم برنامه‌ریزی اصولی با هدف ذخیره رواناب‌ها و جلوگیری از هدر رفت را ضروری ساخته است. هدررفت بیش از دو میلیارد تن خاک در سال از حوزه‌های آبخیز کشور، فراوانی وقوع سیل‌های مخرب همراه با از دسترس خارج شدن حدود نیمی از ۴۱۳ میلیارد مترمکعب ریزش‌های جوی کشور، نابودی جنگل‌ها و مراتع، کاهش حاصلخیزی اراضی و سایر مسائل و مشکلات دیگر از جمله معضلاتی است که ضرورت توجه ویژه و جامع به حوزه‌های آبخیز جهت کنترل اثرات مخرب سیلاب را آشکار می‌کند (Ghahari and Gandomkar, 2015). کنترل و بهره‌برداری از سیلاب‌ها در قالب تغذیه مصنوعی و آبخوانداری مانند پخش سیلاب، روشی است که بر پوشش گیاهی منطقه نیز اثر مثبتی دارد و نمونه این حاصلخیزی و افزایش پوشش گیاهی در منطقه آبخوان آب باریک بم مشاهده شده است.

همچنین در مطالعه (Akbari jor et al., 2020) تأثیر پخش سیلاب بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، در ایستگاه میمند کرمان، قبل و بعد از اجرای پروژه در دوره زمانی ۱۵ ساله مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش حاکی از کاهش معنی‌دار ($p \leq 5$) درصد شن و درصد اشباع و افزایش معنی‌دار درصد رس، سیلت، فسفر، پتاسیم و هدایت الکتریکی خاک این منطقه بود. در مناطقی مانند کوه سفید بافت، دهکهان کهنوج، پلنگی سیرجان و راویز رفسنجان که اقدامات آبخیزداری در حد قابل توجهی در آنها انجام شده است، کنترل سیل و بهبود افزایش نفوذ آب به سفره‌های آب زیرزمینی گزارش شده است (Sarreshtehdari, 2004; Akbari jor et al., 2020; Mijani et al., 2005).

همچنین ارائه نرم‌افزارهای کاربردی برای جمع‌آوری اطلاعات مردمی و ایجاد پایگاه داده برای مدیریت بحران و هشدار و ارائه یک طرح جامع برای مدیریت بلایای

طبیعی که دربرگیرنده بانک اطلاعاتی نظیر سیستم حمل و نقل، تأمین آب و انرژی و ارتباطات و غیره باشد، ضروری بوده و در این راستا با تلفیق اطلاعات میدانی و مدل‌های هیدرولوژیکی می‌توان به دقت بالایی در پیش‌بینی دست یافت و در برنامه‌ریزی‌های مدیریت شهری و هشدار سیل از آنها بهره برد (Hassanzadeh et al., 2021; Seddighi and Seddighi, 2020).

اطلاع از میزان بارش و تعداد روزهای بارانی در سال کمک می‌کند تا انتخاب‌های بهتری برای مکان اجرای طرح‌های کشاورزی (از جمله تعیین زمان، نوع و الگوی کشت) و طرح‌های عمرانی، صنعتی و گردشگری انجام شود (Kazemi et al., 2020). لذا تعیین و پهنه‌بندی مناطق مستعد سیل با پتانسیل بالا می‌تواند در برنامه‌ریزی استراتژی‌های مدیریتی برای کاهش خطرات سیل مانند طراحی ساختارهای کنترل آب (پروژه‌های سد مخزنی)، تصمیم‌گیری برای بیمه سیل و تسهیل آمادگی اضطراری برای مقابله با سیل مؤثر باشد (Sarhadi et al., 2012).

در مجموع بررسی سابقه وقوع سیلاب در استان کرمان نشان می‌دهد که این پدیده بیشتر در مناطق شمال غرب و جنوب شرق استان و عموماً در ارتفاعات رخ داده است، لذا این مناطق نیازمند به بازبینی مجدد برای طرح‌های ساخت و ساز و اجرای راهکارهای سازه‌ای هستند. همچنین در مناطق پستی مانند جنوب شرق استان که پوشش گیاهی تنک و در پی آن چسبندگی خاک کم است، وقوع سیلاب باعث خساراتی شده که برای کاهش آن پیشنهاد می‌شود در ارتفاعات از پروژه‌های آبخیزداری و سازه‌ای به نحوی استفاده شود که به مناطق پایین دست آسیبی وارد نشود. به علاوه لازم است در این مناطق به پروژه‌های پخش سیلاب و اجرای مناسب آنها توجه ویژه داشت و البته عملکرد تمامی این راهکارها در گذر زمان مورد بررسی قرار گیرد. زیرا به مرور راندمان عملکرد پروژه‌ها کاهش یافته و نیاز به بازنگری، انجام اصلاحات و ارائه راه حل‌هایی جهت بهبود دارند.

خشکسالی، عوامل مؤثر بر وقوع آن و راهکارها:
در جدول ۳، دوره آماری و توزیع مکانی مطالعات انجام شده در زمینه خشکسالی‌های رخ داده در استان کرمان ارائه شده است.

جدول ۳- دوره آماری، توزیع مکانی و شاخص‌های مورد استفاده در مطالعات خشکسالی در استان کرمان

Table 3. Statistical period, spatial distribution and indicators used in drought studies in Kerman Province

Year of publication	Authors	method, Indicator or software	Spatial distribution	Longitude (East)	Latitude (North)	Statistical period
2010	Salari & Tayebian,	distribution, Statistical standard distribution, arithmetic mean and middle of the ratios	Kerman province	56° 33'	28° 30'	1968-2007
2012	Bagheri & Mohammadi,	SPI and kriging, interpolation and inverse distance methods	Kerman province	56° 33'	28° 30'	1970-2000
2014	Hejazizadeh et al.,	Nitzche, DRI, ZSIP, PNPI	Kerman station	56° 58'	30° 15'	1956-2005
2014	Rahnema & Mirassi,	Study	Sirjan, Zarand, Kerman & Rafsanjan cities	-*	-*	-*
2015	Beheshtirad,	Kriging, co-kriging, inverse distance methods and Z index	Kerman province	56° 33'	28° 30'	1987-2006
2015	Fatehi Marj et al.,	SPI	Kerman province	56° 33'	28° 30'	1971-2007
2018	Khademipour et al.,	DRI & ARC GIS	Kerman province	56° 33'	28° 30'	-*
2018	Mohammadi et al.,	GRI & SPI	Kerman plain	56° 57'	30° 9'	1996-2013
2019	Mobin et al.,	& EDI SPI, RDI, SPEI	Kerman station	56° 58'	30° 15'	1965-2015
2019	Parvazi,	& TOPSIS, SPI, PNPI Z	Kerman city	57° 42'	29° 28'	1955-2005
2019	Shahrokhi Sardoo et al.,	RDI & SPI	Halil River basin	57° 30'	28° 45'	1994-2013
2020	Ahmadyousefi et al.,	SPSS	Jiroft, Baft & Rafsanjan cities	-*	-*	-*
2020	Boraeinezhad et al.,	EDI & RDI	Rafsanjan plain	55° 54'	30° 25'	1992-2016
2020	Madanchi et al.,	SPI & co-Kriging Method	Kerman province	56° 33'	28° 30'	1974-2004
2020	Mangeli Meydook et al.,	SPI	Shahre babak city	55° 36' 57"	30° 21' 57"	1982-2013
2020	Seddighi & Seddighi,	Study	Kerman province	-*	-*	-*
2021	Amiranipur et al.,	SPEI	Kerman station	56° 58'	30° 15'	1991-2020
2021	Savari et al.,	SPSS, Smart PLS & SEM	Ravar, Jiroft, Narmashir, Orzouye & Bardsir	-*	-*	-*
2022	Ebrahimi-Khusfi et al.,	SPEI, PDSI & AOD	Kerman province	56° 33'	28° 30'	1990-2018
2022	Ebrahimi-Khusfi et al.,	SPEI	Kerman province	-*	-*	1990-2018
2022	Salehi Nodez,	Study	South of Kerman province	-*	-*	-*
2023	Azizabadi et al.,	Descriptive-analytical	Kerman province	56° 33'	28° 30'	-*
2023	Bagheri & Rafei,	ArcGIS & Expert Choise	Sirjan city	55° 32'	29° 25'	-*
2023	Mazidi et al.,	SPI, PNPI & PDSI	Kerman province	57° 06'	30° 29'	1988-2017
2023	Mirkamandar et al.,	& SURFER GIS	Kerman plain	57° 01'	30° 25'	2001-2019
2023	Mohammadi Sardoo et al.,	Review	Faryab city	-*	-*	2017-2018
2023	Mohseni & Kadkhoda Dehnoie	SWI & SPI	Jazmurian lagoon	58° 19'	28° 33'	2002-2017
2024	Dehghani et al.,	WaterGems	Fahraj city	-*	-*	-*
2024	Rahimi & BeigAli	DI	Kerman province & Rayen city	56° 33'	28° 30'	1987-2007

* In these studies, geographic coordinates or time period have not been recorded or reported

بررسی نتایج مقالات مندرج در جدول ۳، نشان می‌دهد که استان کرمان همیشه از پدیده خشکسالی رنج برده و با توجه به شکل ۲، تمام استان درگیر مسائل خشکسالی بوده است و هرچه زمان پیش می‌رود، پدیده خشکسالی و آثار آن پررنگ‌تر به چشم می‌خورند. در ادامه به ارائه موضوعاتی نظیر عوامل وقوع، پیامدها و راهکارهای کنترل پدیده خشکسالی در استان کرمان پرداخته شده است.

عوامل وقوع خشکسالی: وجود عوامل متعدد در بروز خشکسالی از جمله تغییرات آب و هوایی، کاهش ۶۵ درصد بارندگی نسبت به متوسط بارندگی بلند مدت، مقدار کم رطوبت خاک و تبخیر بالا و تغییرات زمانی و مکانی آنها، خشکسالی را به یکی از پیچیده‌ترین پدیده‌های طبیعی تبدیل کرده است (Azizabadi et al., 2023؛ al., 2023؛ Shahrokhi Sardoo et al., 2019؛ Ministry of Agricultural Jihad, 2014). طبق گزارش سازمان جهانی هواشناسی طی سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۷۰ فراوانی وقوع خشکسالی در مقایسه با سایر مخاطرات طبیعی کمتر اما تلفات انسانی آن بیشتر بوده است (WMO, 2021).

خشکسالی با توجه به پارامترهای مؤثر در آن به انواع مختلف هواشناسی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و اقتصادی-اجتماعی طبقه بندی می‌شود (Mishra and Singh, 2011). خشکسالی هواشناسی که به کمبود در میزان بارش اطلاق می‌شود اولین نوع خشکسالی است که با تأخیر زمانی در یک مکان، به خشکسالی هیدرولوژی (کمبود منابع آب سطحی و زیرزمینی نسبت به شرایط نرمال) منجر می‌شود و ارتباط زمانی بین خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی بستگی به ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه آبخیز، نوع کاربری اراضی، تراکم زهکشی، نفوذ آب و نوع سازندها دارد (Rezaei Kalantari, Eskandari Damaneh et al., 2015, 2011). در حقیقت بین انواع خشکسالی رابطه علت و معلولی برقرار بوده و معمولاً تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی در حوزه‌های آبخیز، ویژگی‌ها و نحوه انتشار انواع خشکسالی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در استان کرمان تحت تأثیر تغییر پارامترهای اقلیمی، روند کاهش بارندگی و افزایش دما در دوره‌های زمانی مختلف گزارش شده که زمینه‌ساز بروز

خشکسالی هواشناسی و در نهایت تأثیر بر منابع آبی و فعالیت‌های کشاورزی، اقتصادی و زیست محیطی بوده است (Abazeri, Memarzadeh Kiani et al., 2024؛ Beheshtirad, 2015؛ Ekhlesi et al., 2025؛ 2023). به‌طوری‌که (Azizabadi et al., 2023)، بیان کردند که دمای هوای استان کرمان در ۵۰ سال گذشته ۲/۲ درجه افزایش داشته است که بر اساس گزارشات Sedigh et al., (2023)، ادامه این روند و کاهش بارندگی در مناطقی مانند جنوب استان کرمان، سالانه موجب کاهش ۴۱ درصد بازده کشت گندم و کاهش ۶۴ میلیون ریال از میزان درآمد متوسط هر هکتار کشت گندم می‌شود.

طبق آمار شرکت آب منطقه‌ای کرمان نیز در ایستگاه هیدرومتری کناروئیه که بر روی رودخانه هلیل رود استان کرمان واقع شده است، میزان تبخیر سالانه در سال آبی ۸۴-۱۳۸۳ از ۲۴۲/۹۵ میلی‌متر به ۲۵۵/۸۵ میلی‌متر در سال آبی ۹۹-۱۳۹۸ رسیده است که بیانگر افزایش ۵ درصد تبخیر سالانه در بازه زمانی فوق است (Kerman Regional Water Company, 2023). همچنین طی گزارش (Mazidi et al., 2023)، ایستگاه کرمان در دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۱۷-۱۹۸۸) که درگیر مسائل خشکسالی بوده است، با کاهش ۱۵ کیلومترمربعی پوشش گیاهی مواجه شده است و کمترین پوشش گیاهی این دوره با مساحتی حدود سه تا چهار کیلومترمربع در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ به وقوع پیوسته است.

در استان کرمان در مناطقی مانند جنوب استان، در سطح متوسط بودن موفقیت پروژه‌های مقابله با خشکسالی به دلیل متفاوت بودن اهداف با نیازهای افراد بومی و عدم دخیل کردن آنها در تصمیم‌گیری‌ها و اجرا، یکی از عوامل کاهش مؤثر بودن پروژه‌های کنترل خشکسالی محسوب می‌شود (Savari and Eskandari, 2019؛ Damaneh, 2024؛ Rahimi and BeigAli, 2024). همچنین مشکلات ساختاری و حاکمیتی موجود در بخش مدیریت منابع آب مانند عدم کنترل جمعیت و تخصیص نامناسب منابع آب موجود، باعث به‌وجود آمدن مشکلات عدیده‌ای مانند کاهش کیفیت و کمیت منابع آب در استان شده است (Shahrokhi Sardoo et al., 2019).

پیامد و آسیب‌های ناشی از خشکسالی: کاهش

کمیت و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، فرسایش آبی و بادی خاک، افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و فرونشست زمین از پیامدهای خشکسالی است و در این راستا می‌توان از کیفیت پایین آب در حوزه آبخیز شهرستان سیرجان خصوصاً منطقه شرق آن نام برد که میانگین کل جامدات محلول در آب دشت برابر $3891/57$ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شده است. درحالی‌که حداکثر مجاز کل جامدات محلول در آب توسط سازمان جهانی بهداشت و استاندارد سازمان کشاورزی جهت مصرف آبیاری 450 میلی‌گرم بر لیتر اعلام شده است و حدود 45 درصد از مساحت دشت از نظر آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی ضعیف و نامناسب است (Mangeli Meydook et al., 2020؛ Mirkamandar et al., Bagheri and Rafei, 2023).

دخالت ناکارآمد بشر در طبیعت مانند توسعه صنعت، کشاورزی و دامپروری و توسعه شهرنشینی از جهت تغییر الگوی مصرف آب جزء عوامل مؤثر در خشکسالی محسوب می‌شوند (Delavar et al., 2024). افزایش چشمگیر تعداد چاه‌های مورد بهره‌برداری و اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی موجب تشدید خشکسالی است، به‌طور مثال طبق گزارش Azizabadi et al., (2023) در منطقه کوچکی مانند دشت ارزوئیه تعداد 581 حلقه چاه وجود دارد که میانگین عمق چاه‌های عمیق این منطقه 104 متر است که حداکثر عمق 170 متر هم در این محدوده وجود دارد و بیش از 82 درصد این برداشت‌ها مربوط به بخش کشاورزی است. محدودیت منابع آب و مصرف بی‌رویه آب در استان کرمان بسیار بالاست، به گونه‌ای که سالانه بیش از شش میلیارد مترمکعب آب از سفره‌های آب زیرزمینی استان استخراج می‌شود.

در صورتی‌که 800 میلیون مترمکعب آن بیش از توان منابع آب زیرزمینی است، اضافه برداشت علی‌الخصوص در بخش کشاورزی و قیمت پایین آب مصرفی موجب بهره‌برداری بی‌رویه و خسارت‌بار به منابع آبی شده است. به طوری‌که مطابق با گزارش Mohseni et al., (2023) به‌طور میانگین در دشت رفسنجان-انار، قیمت آب شیرین 202155 ریال، آب با شوری متوسط

119628 ریال و آب بسیار شور 42593 ریال است و کشاورزان این منطقه به طور میانگین رقمی برابر 1000 ریال برای آب مصرفی خود می‌پردازند.

خشکسالی عاملی است که باعث برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و کاهش ذخیره آبخوان‌ها می‌شود که تأمین مجدد حجم آبخوان در بلند مدت امکان‌ناپذیر است. برای نمونه می‌توان از سفره آب زیرزمینی دشت کرمان نام برد که به‌طور متوسط 20 متر و در محدوده‌های شمالی دشت بیش از 60 متر افت سطح آب داشته است (Mohammadi et al., 2018). همچنین طبق گزارش Kerman Regional Water Company (2023)، در استان کرمان 25 محدوده ممنوعه و 12 محدوده ممنوعه بحرانی جهت برداشت آب اعلام شده است که عمده ممنوعیت‌ها به دلیل افت سطح آب در دشت‌ها بوده و در مجموع کسری مخزن برای دشت‌های استان کرمان برابر $813/41$ میلیون مترمکعب برآورد شده است.

در خصوص کاهش کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌توان به مواردی مانند افزایش غلظت یون‌های کلسیم، منیزیم، سدیم و بی‌کربنات و افزایش غلظت EC و مقدار TDS و کاهش pH آب اشاره کرد. وجود سدیم بالا در آب‌های سطحی ازجمله دلایل از بین رفتن خاک و کاهش نفوذپذیری آن است که در نهایت موجب کاهش حاصلخیزی خاک می‌شود و در نهایت کاهش عملکرد مراتع و تولید محصولات زراعی و اثرات سوء زیست محیطی مانند افزایش آفات و بیماری‌های گیاهی و جانوری و از بین رفتن آنها، نابودی تالاب‌ها و زیستگاه‌های طبیعی، کاهش بهره‌وری زمین و افزایش آتش‌سوزی جنگل‌ها را به دنبال دارد (Shahrokhi Sardoo et al., 2019؛ Parvazi, 2019؛ Khayyat Hosseini and Mazidi et al., 2023؛ Rafiei-Sardooi et al., 2018؛ Salarpour, 2022؛ Mohammadi et al., 2018). خشکسالی با تأثیر بر کاهش سرعت آستانه فرسایش بادی موجب افزایش طوفان‌های گرد و غبار و ریزگردها می‌شود (Mohseni and Kadkhoda Dehnoie, 2023). در این خصوص Ebrahimi-Khusfi et al., (2022) اظهار داشتند که ایستگاه بم با تعداد 3702 واقعه گرد و غبار طی دوره آماری 29 ساله ($1990-2018$) با منشاء محلی و

را نشان‌یابی می‌کند و به دنبال آن برای پیاده‌سازی نمونه متنوعی از اقدامات در طول شرایط غیر خشکسالی و همچنین در طی اجرا تا پس از یک واقعه خشکسالی می‌پردازد (Sayers et al., 2017).

برخی از اقدامات تعریف شده در راستای مدیریت ریسک خشکسالی عبارتند از تنوع اقتصادی منطقه در بخش‌های مختلف فعالیت و کاهش وابستگی تولید ناخالص داخلی به بخش کشاورزی (Carrao et al., 2016)، آگاهی از ارزش دانش بومی، ارتقای یک رویکرد چندگانه برای اندازه‌گیری محرک‌های ریسک خشکسالی، گسترش آگاهی از تأثیرات اقتصادی خشکسالی و تأثیر این تصمیمات بر تصمیم‌گیری‌های سیاسی (UNDP, 2012)، بهره‌گیری از فناوری‌های جدید بهره‌وری آب، سرمایه‌گذاری در برنامه‌های ثابت تثبیت درآمد برای تأثیرگذاری در سطح مزرعه، یارانه‌های کشاورزی و برنامه‌های حمایت و توسعه بیمه خصوصی برای کاهش خطرات مربوط به تغییر آب و هوا (Smit and Skinner, 2002) و اصلاح الگوی مصرف آب را نام برد (Sobhani Nasab, 2009).

خشکسالی موجب افزایش امراض گیاهی در مناطق مرطوب و افزایش آفات در مناطق خشک می‌شود که طبق گزارش (Madanchi et al., 2020)، لازم است مدیران جهاد کشاورزی با در نظر گرفتن این موضوع، اقدامات لازم جهت جلوگیری از آسیب به مزارع و باغ‌ها را خصوصاً در مناطقی مانند جنوب غرب و غرب استان در دستور کار خود قرار دهند.

جهت کنترل اثرات خشکسالی، به دلیل درهم تنیده بودن خشکسالی و زندگی جوامع محلی، به جای رویکرد دولت محور باید از رویکرد اجتماع محور بهره برد. زیرا مشارکت جوامع محلی در تصمیم‌گیری‌ها، به دلیل متفاوت بودن شیوه مقابله با خشکسالی در هر منطقه، راه حلی اساسی در زمینه کاهش آثار خشکسالی است. همچنین باید در زمینه مسائل مدیریتی به اعتماد مجریان و کارشناسان به دانش بومی هر منطقه و توجه به منافع کوتاه مدت در کنار منافع بلند مدت طرح‌ها و راه‌اندازی تعاونی‌ها برای کمک به اقتصاد روستاییان اشاره کرد (Savari and Eskandari Damaneh, 2019). ازجمله توجه به تنوع اقلیمی بالای استان کرمان که می‌تواند زمینه‌ساز توسعه صنعت گردشگری کشاورزی

فرامحلی، بیشترین فراوانی رخدادهای گرد و غبار را داشته است. به‌طور کلی فصل بهار در استان کرمان با متوسط ۲۶۱ واقعه، بیشترین رخداد گرد و غبار در مقیاس فصلی را داشته است. تغییر الگوی بارشی از برف به باران، ذوب زود هنگام برف، کاهش کیفیت و میزان اکسیژن موجود در آب، افزایش دمای آب و رشد میکروب‌ها و حشرات از عواقب گرمی هوا و خشکسالی هستند (Mazidi and Bahaaddinbeygi, 2021).

از منظر اجتماعی نیز کاهش بارندگی با وقفه‌ای یکساله، موجب افزایش فقر می‌شود و در پی آن، مسائلی چون مهاجرت به چشم می‌خورد که علت اصلی مهاجرت در استان کرمان خصوصاً شهرستان‌های زرند، بافت و جیرفت، پیروی از خانوار و اشتغال است که گروه‌های سنی ۱۵ تا ۶۴ ساله را دربر می‌گیرد. مهاجرت تبعاتی ازجمله آسیب اقتصادی و اجتماعی و همچنین خالی از سکنه شدن مناطق و سپس مسائل سیاسی و امنیتی را به دنبال دارد. کاهش سلامت خانواده و افزایش قیمت مواد غذایی نیز از دیگر تبعات خشکسالی است. رها شدن اراضی کشاورزی و در پی آن روی آوردن به قاچاق، اخاذی و گروگان‌گیری از دیگر پیامدهای خشکسالی و کاهش اشتغال در مناطق است که صدمات جبران ناپذیری به جوامع و امنیت ملی وارد می‌کند (Ministry of Agricultural؛ Noubakht et al., 2018) (Jihad, 2014).

مدیریت خشکسالی جهت کاهش آثار مخرب آن:

خشکسالی‌های پی در پی در استان، لزوم تغییر دیدگاه از مدیریت بحران به مدیریت ریسک را نشان می‌دهد (Parvazi, 2019). مدیریت ریسک در واقع پیش‌بینی و درک مسئولیت و نگرانی جمعی است که پیش‌فرض تقویت تجزیه و تحلیل ظرفیت‌های موجود مدیریت و ارتباطات است و خواستار به‌راه‌اندازی و پیاده‌سازی پیشگیرانه و واکنش برنامه در جهت استفاده بهتر از ارزیابی خطر برای یک رویکرد جامع‌تر و راهبردی‌تر است و دارای سیاست‌های پیشگیری و برنامه‌های کاهش در معرض قرار گرفتن و آسیب‌پذیری است (UNESCO, 2010). با توجه به این تعریف، راهبرد مدیریت ریسک خشکسالی را می‌توان یک تلاش چند مقیاسی دانست که به ارائه راه‌حل محلی و منطقه‌ای می‌پردازد. در ضمن چالش‌های کوتاه مدت و بلند مدت

Salari et al., 2023). طبق گزارشات ارائه شده توسط (Salari and Tayebiyan, 2010) بیش از ۹۳ درصد آب مصرفی استان کرمان در بخش کشاورزی استفاده شده است و در این زمان تنها حدود ۲/۴ درصد مزارع استان کرمان از سیستم‌های آبیاری نوین استفاده می‌کردند.

در پژوهشی که (Ahmadyoosefi et al., 2021) در خصوص اجرای برنامه‌های مدیریت بحران خشکسالی در شهرستان‌های رفسنجان، بافت و جیرفت بر روی میزان مزرعه/باغ مجهز به سیستم آبیاری مکانیزه انجام دادند، نتایج حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین میزان مزارع/باغات مجهز به سامانه آبیاری ماشینی در دوره قبل و بعد از اجرای طرح بوده است، به گونه‌ای که به‌طور میانگین میزان مزارع/باغات مجهز به سامانه آبیاری ماشینی قبل و بعد از اجرای طرح به‌ترتیب برابر ۱/۰۱ و ۱/۵۸ هکتار بود که این نتایج حاکی از کاهش برداشت آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی بود. این طرح در مناطق گرمسیر استان به علت افزایش استفاده از سامانه‌های آبیاری ماشینی و ارائه تسهیلات لازم جهت اجرای این طرح، نسبت به مناطق دیگر کارایی بالاتری داشت.

همچنین در راستای افزایش آگاهی عمومی، چاپ کتابچه یا پوسترهایی از تجربیات کشاورزان و اطلاعات جدید سازمان جهاد کشاورزی و برگزاری مراسم‌های محلی برای افزایش آگاهی و فرهنگ‌سازی درخصوص گذر از دوره خشکسالی به مدیریت این بحران کمک شایانی می‌کند (Ahmadyousefi et al., 2017؛ Salehi Nodez et al., 2022).

ازجمله راهکارهایی دیگر جهت مدیریت منابع آب استان می‌توان به تشویق کشاورزان به صرفه‌جویی آب و برنامه‌ریزی جهت تعیین مقدار دقیق حجم آبیاری و زمان مناسب کاربرد آن در مزارع و باغ‌ها، تهیه و تصویب قوانین جدید آب، توجه به دانش آب مجازی، ایجاد تشکلهای مردمی و اصلاح سیستم آبیاری و عملیات خاک‌ورزی اشاره کرد (Mohammadi Sardoo et al., 2023؛ Salari and Tayebiyan, 2010). (et al., 2018). Dehghani et al., (2024) در پژوهشی با استفاده از نرم‌افزار WaterGems توانستند بجای مدلی که پمپاژ ۲۴ ساعته از منابع آبی صورت می‌گرفت، مدلی با پمپاژ شش ساعته و مدیریت مصرف توسط مشترکین

باشد و روستاییان با بهره‌بردن از اکوتوریسم و بوم‌گردی می‌توانند اقتصاد خود را رونق بخشند (Bakhtiari, 2019؛ Pourjoopary et al., 2024).

بنا بر گزارش (Bakhtiari, 2019) مناطق شرق، جنوب شرق و جنوب استان در فصل زمستان که برداشت مرکبات صورت می‌گیرد، یکی از بهترین مقاصد گردشگری کشاورزی هستند. همچنین مناطق جنوبی استان در اوایل فصل بهار به‌واسطه کشت‌های گلخانه‌ای و مناطق سردسیر استان مانند بافت، لاله‌زار و بردسیر در اواخر فصل بهار به‌واسطه وجود گلزارهای گل محمدی و گلاب‌گیری می‌توانند مورد توجه فعالیت‌های گردشگری واقع شوند.

در زمینه تغییر الگوی کشت و توجه به گیاهان کم مصرف نیز کشت گیاهان دارویی مانند گل همیشه بهار، گل محمدی، بومادران و رزماری که نرخ ارزآوری و بازده بالایی در استان دارند مورد توجه قرار گرفته است. طبق گزارش (Saei and Darvishi Zeydabadi, 2023)، درآمد سالانه حاصل از کاشت گیاهان دارویی فوق به‌ترتیب برابر ۱۰۹۲۰۰۰، ۷۹۶۲۰۰، ۷۴۵۱۲۰ و ۲۱۳۰۲۱۲ هزار ریال در هر هکتار است؛ اما در مجموع استان کرمان با سهم ۲/۵ درصد در تولید گیاهان دارویی (میزان تولید گیاهان دارویی در استان کرمان ۷۰۹۸ تن با سطح زیر کشت ۳۳۲۵ هکتار نسبت به تولید گیاهان دارویی کل کشور به میزان ۲۷۵۲۳۱ تن با سطح زیر کشت ۱۰۲۹۱۸ هکتار) سهم اندکی در تولید این محصولات دارد که لازم است مورد توجه و برنامه‌ریزی قرار گیرد.

همچنین در راستای کاهش اثرات خشکسالی بر بخش کشاورزی لازم است تا از تکنیک‌های کاشت مانند استفاده از ارقام زودرس و اجتناب از کاشت تاخیری و استفاده از تکنیک‌های سخت و مقاوم شدن بذر استفاده کرد (Savari et al., 2021). لذا دولت باید پیش‌زمینه اعطای تسهیلات جهت فعالیت‌های تولید، برداشت و بسته‌بندی و فراوری این محصولات را فراهم آورد (Saei and Darvishi zeydabadi, 2023). همچنین با برگزاری کارگاه‌های آموزشی، دادن تسهیلات با سود کم جهت خرید ابزار مدرن کشاورزی و جذب سرمایه‌گذار در راستای ایجاد تنوع شغلی در روستاها می‌توان به بهبود شرایط زندگی کشاورزان کمک کرد (Tavakoli

در میزان آبدهی چاههای پیژومتری نداشت و نتایج علمی مستندی در این زمینه ارائه نشد.

یکی دیگر از راه راهکارهای مدیریتی جهت کاهش اثرات خشکسالی، تشویق و ترغیب فارغ التحصیلان دانشگاهی برای کار روی زمینهای کشاورزی و فرهنگسازی در زمینه کشت محصولات با بازدهی بالا و مصرف بهینه آب است (Rahnema and Mirassi, 2014).

همچنین در راستای کاهش اثرات خشکسالی و تغذیه مصنوعی سفرهها، می توان با آگاهی دادن به مردم درخصوص عدم برداشت شن و ماسه در نواحی بالادست خصوصاً در مناطقی که پدیده فرونشست اتفاق افتاده است، از اثر منفی که برداشت شن و ماسه در تغذیه سفرههای آب زیرزمینی به وجود می آورد جلوگیری کرد (Rahnema and Mirassi, 2014).

براساس آمار ارائه شده در جدول ۴، با پلمپ چاههای غیرمجاز که طبق گزارش Kerman Regional Water Company (2023)، تعداد آنها در لیست وزارت نیرو ۶۱۲۱ حلقه چاه است (که از این تعداد ۱۲۵۷ حلقه چاه پر شده، مسدود شده و یا متروکه هستند) می توان از هدررفت حجم بسیار بالایی از منابع آب زیرزمینی استان جلوگیری کرد. در ادامه باید اشاره کرد که حجم برداشت آب چاههای صنعت و خدمات و شرب روستایی به ترتیب ۵۲/۷ و ۸/۶۳ میلیون مترمکعب بیشتر از حجم پروانه بهره برداری آنها است که لازم است با نظارت سخت گیرانه، حجم آب مصرفی آنها کنترل شود.

ارائه کنند که منجر به کاهش ۴۳ درصد هدررفت آب و کاهش ۵۰ درصد هزینه مصرف انرژی در روستاهای چاه ریگان شهرستان فهرج شد. همچنین توسعه شبکههای آبیاری و انتقال آب و پوشش نهرها و کانالهای قدیمی باعث کاهش هدر رفت آب می شود (Savari et al., 2021).

امروزه در حل اغلب مشکلات مربوط به مدیریت منابع آب، مدل های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند که صحت پیش بینی های آنها بستگی به ساختار مدل و دقت پارامترهای ورودی به مدل دارد. در این راستا با داشتن داده های دقیق و قابل اعتماد می توان به پیش بینی خشکسالی با دقت بیشتر پرداخت و در پی آن به برنامه ریزی هایی برای مدیریت مناسب منابع آب و کشاورزی هر منطقه اندیشید (Fatehi Marj et al., 2015؛ Hejazizadeh et al., 2014؛ Bagheri and Mohammadi, 2012). همچنین با تغذیه مصنوعی سفرهها، تصفیه و استفاده مجدد از فاضلابها می توان آسیب های وارده به محیط زیست را به حداقل رساند و با بهره بردن از انرژی های پاک و نو، سرعت افزایش دما را کاهش داد (Shahidasht and Abbasnejad, 2010؛ Sedigh et al., 2023).

اما در عمل، دو پروژه تغذیه مصنوعی بر روی رودخانه هفت کوسک (در منطقه بالادست چاههای آب شرب کرمان) و رودخانه آدوری بم با کارفرمایی شرکت آب منطقه ای کرمان اجرا شد که به دلیل برداشت های زیاد و افت شدید سطح آب، اجرای این طرح ها تأثیری

جدول ۴- آمار برداشت منابع آب زیرزمینی استان کرمان

Table 4. Statistics of underground water resources extraction in Kerman Province

Type of well	Use of the well	Number of wells (ring)	Annual discharge based on license (mcm)	Annual discharge based on visits (mcm)
Licensable	Agriculture	21235	6222.1	5159.3
	urban drink	410	180.35	164.76
	Village drink	810	137.71	146.34
	Industry and services	1546	163.37	216.07
	The whole province	24001	6703.5	5686.5
No license	The number of wells in the list of the ministry of energy (ring)		Annual discharge (mcm)	
	6121		384.63	

(2021) میانگین خاموشی موتورپمپها قبل از اجرای برنامه های مدیریت بحران خشکسالی در شهرستان های رفسنجان، بافت و جیرفت، ۱/۶۸ ساعت و بعد از اجرای

همچنین با خاموش کردن موتورپمپها در فصل زمستان و نصب کنتورهای هوشمند می توان مصرف آب را کنترل نمود. طبق گزارش Ahmadyoosefi et al.,

این طرح‌ها به ۲/۲۷ ساعت رسیده است که تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند.

در نهایت با تکنیک‌هایی همچون کنترل دقیق عواملی مانند مصرف سالانه آب، هدر رفت آب، سطح زیر کشت و تراکم جمعیت می‌توان در راستای تاب‌آوری اجتماعی در مقابل خشکسالی حرکت کرد و از بروز مشکلات اجتماعی و فرهنگی همانند مهاجرت و حاشیه‌نشینی در شهرهای بزرگ جلوگیری کرد (Khademipour et al., 2018). در دراز مدت نیز می‌توان با اعمال قیمت حقیقی آب‌بها به مصرف بهینه آب دست پیدا کرد (Mohseni et al., 2023). مطابق با گزارشات ارائه شده توسط Azizabadi et al., (2023) به نظر می‌رسد در حل چالش‌های کم‌آبی، الگوها و برنامه‌های مدیریتی منابع آب اثرگذاری بسیار بالاتری نسبت به طرح‌های انتقال آب مشابه بهشت آباد و صفارود دارند. لذا توصیه می‌شود به تغییر نگرش‌ها درخصوص مصرف آب و فرهنگ‌سازی در راستای کاهش مصرف آب در مناطقی مانند استان کرمان توجه ویژه‌ای شود (Dehghani et al., 2024).

در انتها لازم است برنامه‌های مدیریت بحران خشکسالی به‌صورت دوره‌ای مورد ارزیابی قرار بگیرند تا موفقیت و شکست آنها مورد بررسی قرار گیرد و نقاط ضعف آنها اصلاح شود (Ahmadyousefi et al., 2020). به‌طور کلی می‌توان گفت باتوجه به اقلیم گرم و خشک استان کرمان، تمامی استان با پدیده خشکسالی مواجه است و از مهمترین عواملی که موجب تشدید و پایا بودن این شرایط در استان می‌شود می‌توان به برداشت بی‌رویه آب و آبیاری نامناسب زمین‌های کشاورزی اشاره کرد که فشار بسیار زیادی به منابع آبی استان وارد می‌کنند. از آنجایی که این استان یکی از قطب‌های تولید محصولات باغی و کشاورزی کشور است مصرف آب بسیار بالایی در این زمینه دارد و اکثر صاحب نظران جهت کنترل شرایط موجود پلمپ چاه‌های غیرمجاز، اعمال قیمت حقیقی آب و تغییر الگوی کشت را پیشنهاد داده‌اند.

نتیجه‌گیری

افزایش پژوهش‌های سیلاب و خشکسالی در استان کرمان حکایت از این دارد که وقوع این پدیده‌ها و اثرات

مخرب آنها در حال افزایش است، به‌طوری‌که تمام مناطق درگیر پدیده خشکسالی است. خشکسالی در استان با شاخص‌های متفاوتی ارزیابی شده است، اما پراستنادترین شاخص‌های مورد استفاده، شاخص‌های SPI و RDI هستند که به‌ترتیب در ۲۸ و ۱۸ درصد از مطالعات مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین وقوع پدیده سیلاب نیز رو به فزونی است و هرساله خسارت‌های متعددی برجای می‌گذارد که عمده رخدادهای این پدیده در کمربند شمال غرب-جنوب شرق استان و مناطق مرتفع بوده است. در این پژوهش، ۲۷ درصد از مطالعات جهت گردآوری اطلاعات لازم از پرسشنامه استفاده نمودند و پرکاربردترین نرم‌افزار آماری و تحلیلی استفاده شده به‌ترتیب نرم‌افزار SPSS با ۲۶ درصد و نرم‌افزار GIS با ۲۴ درصد بوده‌اند.

خاطر نشان می‌کند که پژوهش حاضر یک مطالعه مروری است که هدف آن گردآوری و ارزیابی اثرات پدیده‌های مذکور در نقاط مختلف استان است که می‌تواند به ارائه راهکارهای مدیریتی در آینده کمک کند. به‌عنوان نمونه در سال‌های اخیر در پژوهش‌های مربوط به خشکسالی و سیلاب، توجه به مسائل اجتماعی پررنگ‌تر به چشم می‌خورد. در آخر می‌توان گفت دو موضوع سیلاب و خشکسالی جدا از هم نیستند و باید با یکدیگر مورد بررسی و تصمیم‌گیری قرار گیرند. اهمیت و حیاتی بودن مسائل مربوط به اطلاعات پایه‌ای هر منطقه بسیار ارزنده و حساس است و باید برای این بخش از مطالعات، در تصمیم‌گیری‌های کشوری و منطقه‌ای جایگاه ویژه‌ای درنظر گرفته شود. پیشنهاد می‌شود دولت در هر منطقه و استان به تشکیل گروه‌های مستعد و نخبگانی اهتمام ورزند تا به رفع مشکلات منطقه بپردازند و ایده‌های کارا و مؤثر را به مرحله اجرا دریاورند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از کلیه افرادی که در ارتقای کیفیت مقاله نقش مؤثری ایفا کردند، صمیمانه قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

منابع مورد استفاده

- Abaspoor, E., Hassanzadeh, R., Hossinjanizadeh, M., Nassiri, M., 2023. Flood risk zonation using AHP and Fuzzy Logic methods in Sarcheshmeh copper complex. *Phys. Geogr.* 58(), 47-19 (in Persian).
- Abazeri, M., 2023. Strengthening participatory governance to adapt and other sociocultural responses to climate change impacts among farming communities in Kerman, Iran. *Routledge Handbook of Climate Change Impacts on Indigenous Peoples and Local Communities*, 1st Edition, London (in Persian).
- Abedini, M., Fathi Jokadan, R., 2016. Flood risk zoning in the Karganroud's catchment basin using ArcGIS. *Hydrogeol. J.* 3(7), 1-17 (in Persian).
- Ahmadyousefi, R., Choobchian, S., Chizari, M., 2021. Investigating the implementation of drought crisis management programs in Kerman Province. *Emerg. Manage.* 10(2), 157-166 (in Persian).
- Ahmadyousefi, R., Choobchian, S., Chizari, M., 2017. investigating the deployment status of knowledge management components to develop the drought crisis management plans, with the viewpoint of agricultural beneficiaries in Kerman Province. *Knowl. Retr. Semant. Syst.* 4(11), 21-40 (in Persian).
- Ahmadyousefi, R., Choobchian, S., Chizari, M., Azadi, H., 2020. The role of knowledge management in the development of drought crisis management programmes. *KMRP.* 20(2), 177-190.
- Akbari Jor, A., Abkar, A., Moslemi, H., 2020. Effect of aquifer management on some soil properties (case study: Meymand Station, Kerman Province). *Hydrogeol.* 5(2), 75-87 (in Persian).
- Amiranipur, M., najafzadeh, M., Mohamadi, S., 2021. Forecasting drought situation by standardized precipitation evapotranspiration index and artificial intelligence models (case study: Kerman Synoptic Station). *JMAS.* 4(3), 260-271 (in Persian).
- Azizabadi, E., Mahkouei, H., Gandomkar, A., 2023. Analyzing effective strategies to reduce water shortage in Kerman Province. *JGRP.* 13(51), 107-124 (in Persian).
- Bagheri, H., Rafei, F., 2023. Identification of suitable agricultural cultivation locations using a GIS-AHP system based in the Sirjan plain. *Sustain. Agric. Res.* 3, 98-118 (in Persian).
- Bagheri, R., Mohammadi, S., 2012. Investigation on spatial variations of drought using geostatistics in Kerman province over a thirty-year period (1970- 2000). *IJRDR.* 19(2), 283-296 (in Persian)
- Bakhtiari, A., 2019. Climatic comfort and agricultural drought indices application in determination of agritourism destinations in Kerman Province. *J. Agric. Meteorol.* 6(2), 71-79 (in Persian).
- Barkhori, S., Dolatkordestani, M., Javaheri, K., 2024. Drought induced vegetation changes in south of Kerman Province. *IWM.* (in Persian).
- Beheshtirad, M., 2015. Investigation spatial variation of drought using geostatistics methods and Z Index in Kerman Province. *IWE.* 5(4), 118-130 (in Persian).
- Boraeinezhad, B., Sayari, N., Rahnema, M.B., Golestani Kermani, S., 2020. Drought monitoring of Rafsanjani Plain under climate change conditions. *Nivar.* 44(110-111), 83-97 (in Persian).
- Boudaghpour, S., Bagheri, M., Bagheri, Z., 2014. Estimation of flood environmental effects using flood zone mapping techniques in Halilrood Kerman, Iran. *J. Environ. Health Sci. Eng.* 12(153), 2-18.
- Buzhani, F.I., Sadr, M.K., Sobhanardakani, S., Lorestani, B., Cheraghi, M., 2024. Remote sensing assessment of multi-year drought vulnerability of agriculture in Kangavar, Kermanshah Province, Western Iran. *Nat. Hazards.* 120, 3865-3890.
- Carrão, H., Naumann, G., Barbosa, P., 2016. Mapping global patterns of drought risk: An empirical framework based on sub-national estimates of hazard, exposure and vulnerability. *Global Environ. Change.* 39, 108-124.
- Dehghani, M., Khalifeh, S., Ebrahim Zadeh, A., 2024. Assessment of water wastage, cost of energy consumption in rural transmission and distribution networks of Kerman Province (case study: Chah Regan village complex, Fahraj city. The 16th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman, Iran (in Persian).
- Delavar, S., Anvari, S., Najafzadeh, M., Fathian, F., 2024. A review of stationary and non-stationary indices for drought monitoring in Iran and other Countries. *Irrig. Water Eng.* 14(3), 175-193 (in Persian).
- Delavar, S., Anvari, S., Najafzadeh, M., Fathian, F., 2024. Investigating the impact of climate change and human activities on drought instability. The 16th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman, Iran (in Persian).
- Delfiyan, F., Yazdanpanah, M., Forouzani M., Yaghoubi, J., 2021. Farmers' adaptation to drought risk through farm-level decisions: the case of farmers in Dehloran county, Southwest of Iran, *Clim Dev.* 13(2), 152-163.
- Ebrahimi-Khusfi, Z., Ebrahimi-Khusfi, M., Mirakbari, M., Soleimani-Sardoo, M., 2022. Investigating the impact of drought on dust events in Kerman Province using meteorological and satellite data. *J. Arid Biome.* 11(2), 133-151 (in Persian).

- Ebrahimi-Khusfi, Z., Mirakbari, M., Ebrahimi-Khusfi, M., Soleimani-Sardoo, M., 2022. Evaluation of drought temporal changes using Mann-Kendall test and Sena's Slope in Kerman Province for the Period 1990 to 2018. DEEJ. 11(36), 1-16 (in Persian).
- Ekhlesi, M. S., Soltani -Gerdefamarzi, S., Azizian, A., Gheysouri, M., 2025. Investigating the effects of climate change on the virtual water of some crops in Kerman Province. Appl. Res. Geogr. Sci. 76(25), 210-227.
- Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, GH., Khosravi, H., Azareh, A., 2015. Analysis of temporal and spatial relationship between meteorological and hydrological drought in Tehran Province. J. Manag. Stud. 24(96), 113-120 (in Persian).
- Fatehi Marj, A., Tajaddini, M., Salajagheh, A., 2015. Study of the relationship between the some climate signals (SOI, NAO, MEI, NINO) and meteorological drought in Kerman Province, Iran. J. Agric. Meteorol. 3(1), 25-39 (in Persian).
- Ghahari, Gh., Gandomkar, A., 2015. Effect of aquifer management on groundwater changes in Gareh Bygone Plain. J. Watershed Manag. Res. 7(2), 172-183 (in Persian).
- Gharakhani, M., Aghamohammadi, H., Vahidnia, M.H., 2022. Flood hazard zonation using spatial hydrologic analysis in GIS and interpretation of satellite images: a case study on Aharchay Catchment. JSDE. 3(2), 67-86 (in Persian).
- Ghavidel Rahimi, Y., Ahmadi, M., Hatami Zarneh, D., Rezaie, M., 2014. Identification of synoptic patterns of heavy rainfall manufacturers destructive floods in Jiroft city. J. Geogr. 12(41), 161-178 (in Persian).
- Hassanzadeh, R., Honarmand, M., Hossinjanizadeh, M., Mohammadi, S., 2021. Flood zoning in urban areas using hydrological modelling and survey data: case study of Bardsir city, Kerman Province. IJE. 8(2), 331-344 (in Persian).
- Hejazizadeh, Z., Nasserzadeh, M.H., Hatami, D., Rezaey, M., 2014. Application of statistical methods and drought indices in analyzing fluctuations in precipitation case study: Kerman station. JARGS. 5(17), 35-51.
- Heydarvand, M., Estelaji, A., Asadian, F., 2024. Investigating the dimensions of local resilience in the face of drought, case study: Qaleganj City, Kerman Province. HRE. 43(185), 3-12 (in Persian).
- Javadinejad, S., 2022. Causes and consequences of floods: flash floods, urban floods, river floods and coastal floods. REIE. 4(1), 173-183.
- Kazemi, R., 2022. Investigation of regional flood intensity in homogeneous basins of Kerman Province, Iran. JWHR. 5(1), 31-39.
- Kazemi, R., Porhemmat, J., Sharifi, F., 2020. Recognition and analysis of surface water resources capacity, prerequisite of land use planning in the province of Kerman. J. Watershed Manag. Res. 33(2), 2-19 (in Persian).
- Kerman Regional Water Company, 2023. Announcement banning the extraction of water sources in Kerman Province (in Persian).
- Kerman Regional Water Company, 2023. Nationwide statistics of underground water sources in the study areas of Kerman Province (in Persian).
- Khademipour, G., Saberi Anari, S.M., Nekoyi Moghadam, M., Masoudi, A., Jafari Baghini, R., 2018. Comprehensive assessment and zonation of drought risk and vulnerability in Kerman Province. HDQ. 3 (2), 113-120.
- Khayyat Hosseini, S.M., Salarpour, M., 2022. Investigating the effective factors on drought risk management on farmers' livelihood in order to maintain the stability of natural resources in Kerman Province. J. Environ. Sci. 7(1), 4706-4715 (in Persian).
- Madanchi, P., Shahedi, K., Habibnejad, M., Soleymani, K., Fatehi Marj, A., 2020. Zoning Climatic Drought and Drought Magnitude Using SPI Index and Kirijing Geostatistical Method (case study: Kerman Province). Irrig. Water Eng. 10(38), 203-226 (in Persian).
- Mangeli Meydook, A., Afifi, M.E., Vakhshoori, A., 2020. Environmental sustainability assessment with emphasis on drought and water resources using multi-criteria artificial neural network technology (case study of Babak city). Phys. Geogr. 12 (48), 105-127 (in Persian).
- Mazidi, A., Bahaaddinbeygi, H., 2021. Study of temperature, precipitation and wind speed trends in the northern and western regions of Kerman province using parametric and non-parametric tests. GAHR. 4(2), 246-254 (in Persian).
- Mazidi, A., Enayatpour, M., Hosseini, S.S., 2021. Climate determination of Kerman Province using ambrothermic curve methods, Domarten drought coefficient, Amberjeh climate view. GAHR. 4(2), 35-43 (in Persian).
- Mazidi, A., Mohammadi Ravari, F., Behzadi Shar Babak, Z., 2023. Assessment of the drought situation in Kerman using drought indicators and its relationship with the state of vegetation change in the region. Nivar. 47(120-121), 166-180 (in Persian).

- Mehdi Pour, A., Togholi, N., Ghaem Maghami, Sh., 2008. Evaluation and effectiveness of watershed operation, case study: Lalezar earthen dam located in Kerman Province. The 4th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran Watershed Management. Kerman, Iran (in Persian).
- Memarzadeh Kiani, A., Poursina, M., Tajpour, A., Rezaeian, S., Bajestani Moghadam, G., 2024. Investigating the impact of climate change on wildlife habitats using GIS remote sensing (study area: Khabar national park, Kerman Province). JNE. 76 (Special Issue Protected Areas), 291-306 (in Persian).
- Mijani, K., Ghaem Maghami, Sh., Amini Zadeh, M.R., 2005. Floods and damages caused by them in Kerman province. 2nd National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources Management. Kerman. Iran (in Persian).
- Ministry of Agricultural Jihad, 2014. Agricultural research, education and promotion organization, drought in the south of Kerman Province and strategies to deal with it.
- Mishra, A.K., Singh, V.P., 2011. Drought modeling: A review. J. Hydrol. 403, 157-175.
- Mirkamandar, B., Rahnama, M.B., Zounemat Kermani, M., 2023. Quantitative and qualitative assessment and identification of pollution sources of Kerman plain aquifer. The 16th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman. Iran (in Persian).
- Mobin, M.H., Zarei, Z., Sodayizadeh, H., 2019. Investigating and evaluating some of the characteristics of severity of climatic droughts in Kerman and Shiraz meteorological stations. JNEH. 8(19), 103-122 (in Persian).
- Moghimi, M.M. Zarei, A.R. Mahmoudi, M.R., 2020. JWCC. 11 (3), 633-654. DOI: 10.2166/wcc.2019.009.
- Mohammadi Sardoo, A., Yazdan Panah, N., Hoseini, Z.S., 2023. Physical and economic efficiency of water consumption (case study: Faryab city). The 16th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman. Iran (in Persian).
- Mohammadi, A., Golestani Kermani, S., Samareh Hashem, M., Bakhtiari, B., Asadi, Y., 2023. Strategies to reduce flood risks using SWOT analysis method. The 18th National Conference of Iran Watershed Science and Engineering, Kashan, Iran (in Persian).
- Mohammadi, S., Naseri, F., Nazaripour, H., 2018. Investigating the temporal variation and meteorological drought effect on groundwater resources in Kerman plain using SPI and GRI indices. Ecohydrol. 5(1), 11-22 (in Persian).
- Mohseni, M., Kadkhoda Dehnoie, F., 2023. Investigating the relationship between drought index and underground water changes with the water level of Jazmurian lagoon. The 16th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman. Iran (in Persian).
- Mohseni, S., Zare Mehrjerdi, M.R., Abdollahi, M., Mehrabii Boshir Abadi, H., 2023. Agricultural Water Pricing Under Conditions of Uncertainty (case study: Rafsanjan-Anar plain). Irrig. Water Eng. 13(4), 329-346 (in Persian).
- Noubakht, R., Ghasemi, A., Gholami, M., 2018. Economic-demographic consequences drought in Eastern Iran. JGRP. 7(29), 313-327 (in Persian).
- Omidvar, K., Mahmodabadi, M., Shams, P., Amiri Esfandegheh, M., 2020. Analysis of the effects of anticyclone movements on flood rainfall in Kerman Province. J. Spatial Anal. Environ. Hazards. 7 (3), 163-178 (in Persian).
- Parvazi, M., 2019. Studying the draughts in kerman using four indices, namely TOPSIS, SPI, PNPI and Z. J. Geogr. Sci. 15(29), 92-113 (in Persian).
- Pourjoopary, M., Tayebnia, S.H., Paydar, A., 2024. Analysis of the effectiveness of ecotourism development in empowering the economy in the rural areas. JARGS. 15(55), 70-43 (in Persian).
- Rafiei-Sardooi, E., Mohseni-Saravi, M., Barkhori, S., Azareh, A., Choubin, B., Jafari-Shalamzar, M., 2018. Drought modeling: a comparative study between time series and neuro-fuzzy approaches. Arab. J. Geosci. 11(17), 487.
- Rahimi, A., BeigAli, S., 2024. Investigating the causes of drought in Kerman Province or the use of DI index and the role of local communities in dealing with drought. 14th International Conference on Management and Human Sciences in Iran, Tehran (in Persian).
- Rahmani, F., Fattahi, M.H., 2024. Investigation of alterations in droughts and floods patterns induced by climate change. Acta Geophys. 72, 405-418.
- Rahnema, H., Mirassi, S., 2014. Crisis management concerning underground water falling and land subsidence occurrence in the plains of Iran. Adv. Environ. Biol. 8(5), 1453-1465.
- Rezaei Kalantari, M., 2011. Investigation of meteorological and hydrological drought in the east of Mazandaran province and its effect on underground water resources. Master Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (in Persian).
- Saei, M., Darvishi zeydabadi, D., 2023. Economic evaluation of medicinal plant cultivation in Kerman City. J. Hortic. Sci. 1(2), 291-304 (in Persian).

- Salari, M., Tayebian, A., 2010. Determining the rate of drought meteorological and hydrological condition in Kerman province. *J. Environ. Geol.* 3 (9), 31-42 (in Persian).
- Salehi Nodez, A., Yaghoubi, N.M., Keikha, A., 2022. The effect of community-based crisis management on the resilience to disasters with the mediating role of social capital. *IJHCUM.* 7(2), 205-216.
- Sarhadi, A., Soltani, S., Modarres, R., 2012. Probabilistic flood inundation mapping of ungauged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis. *J. Hydrol.* 458-459, 68-86.
- Sarreshtehdari, A., 2004. Effects of flood spreading plan on soil permeability and fertility. *Pajouhesh va Sazandegi*, 17(1), 83-92 (in Persian).
- Savari, M., Eskandari Damaneh, H., 2019. The role of participatory management in empowering local communities in coping with droughts in southern Kerman Province. *J. Spatial Plann.* 23 (2), 123-171 (in Persian).
- Savari, M., Eskandari Damaneh, H., Eskandari Damaneh, H., 2021. Factors influencing farmers' management behaviors toward coping with drought: evidence from Iran. *JEPM.* 64(11), 2021-2046.
- Sayers, P.B., Yuanyuan, L., Moncrieff, C., Jianqiang, L., Tickner, D., Gang, L., Speed, R., 2017. Strategic drought risk management: eight 'golden rules' to guide a sound approach. *JRBM.* 15(2), 239-255.
- Seddighi, H., Seddighi, S., 2020. How much the Iranian government spent on disasters in the last 100 years? A critical policy analysis. *Cost Eff. Res. Allocation.* 18(46), 1-11.
- Sedigh, N., Hashemidaran, H., Chalajour, M., 2023. Economic vulnerability originating from climate change in agriculture sector in the south of Kerman Province of Iran using ricardian model: a case study of wheat. *J. Agric. Econ. Dev.* 31(2), 75-110 (in Persian).
- Shahidasht, A., Abbasnejad, A., 2010. Evaluation of the environmental impacts of aquifer depletion in Jiroft Plain and prediction of the future status. *J. Water Resour. Res.* 7(1), 77-81 (in Persian).
- Shahrokhi Sardoo, Z., Zare, M., Mirmohammady Maibody, S.A.M., Rahimian, M. H., Arabi Aliabad, F., 2019. The Effect of drought on surface water quality of the Halil-Rood Basin, Kerman. *JWSS.* 23(3), 367-380 (in Persian).
- Smit, B., Skinner, M., 2002. Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.* 7, 85-114.
- Soleimani Sardo, F., 2015. Probable maximum precipitation and probable maximum flood extent analysis using L-moment and Hershfeild methods (case study of Jiroft Dam). *JGRP.* 5(20), 101-114 (in Persian).
- Sobhani nasab, Y., 2009. Environmental and socio-economic effects of drought. *Regional Conference on Water Crisis and Drought.* Islamic Azad University of Rasht (in Persian).
- Soltaninezhad, M., Mehrabi, A.A., Ahmadi, H., 2022. Economic and effectiveness evaluation of watershed management measures by quantitative and qualitative methods in Manojan, Kerman. *J. Watershed Manag. Res.* 35(2), 60-70 (in Persian).
- Tavakoli, M., Eftekhari, A.R.R., Jafari Sirizi, M., 2023. Analysis of resilience of rural farmers in the direction of drought management Case study: Farmers of Siriz Rural District in Kerman Province. *J. Spatial Plann.* 27(1), 64-102 (in Persian).
- UNDP, 2012. Drought risk management: practitioner's perspectives from Africa and Asia. United Nations Development Programme.
- UNESCO, 2010. Managing disaster risks for world heritage. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- World Meteorological Organization (WMO), 2021. Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2019).
- Yamani, M., Enayati, M., 2006. The relationship between the geomorphological features of the basins and flood potential (analysis of flood data through the geomorphological comparison of Fashand and Behjatabad Basins). *Geogr. Res.* 38(3), 47-57 (in Persian).